

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 29 AUG 2003

WIPO

PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

102 33 671.7

Anmeldetag:

24. Juli 2002

Anmelder/Inhaber:

Océ Printing Systems GmbH, Piong/DE

Bezeichnung:

Verfahren und Vorrichtung zum Einstellen der
Tonerkonzentration in der Entwicklerstation eines
elektrofotografischen Druckers oder Kopierers

IPC:

G 03 G 15/08

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 31. Juli 2003

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag



Verfahren und Vorrichtung zum Einstellen der Tonerkonzentration in der Entwicklerstation eines elektrofotografischen Druckers oder Kopierers

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Einstellen der Tonerkonzentration eines Tonerteilchen-Trägerteilchen-Gemisches in einer Entwicklerstation eines Druckers oder Kopierers sowie eine Vorrichtung zum Entwickeln eines latenten Ladungsbildes auf einem Zwischenträger eines elektrofotografischen Druckers oder Kopierergätes.

10

Die Tonerteilchen, im Folgenden manchmal auch kurz "Toner" genannt, dienen zur Einfärbung des latenten Ladungsbildes auf dem Zwischenträger. Vom Zwischenträger wird der Toner dann in einem weiteren Schritt auf einen Aufzeichnungsträger, z.B. Papier übertragen.

20

Als Trägerteilchen sind beispielsweise kleine Eisen- oder Stahlkörnchen bekannt. Diese haben typischerweise eine zweifache Funktion: Zum einen laden sich die Tonerteilchen beim Durchmischen des Gemisches an den Trägerteilchen triboelektrisch auf, zum anderen lagern sich die Tonerteilchen an den Trägerteilchen an und werden an diesen anhaftend zum Zwischenträger befördert. Der Transport der Trägerteilchen zum Zwischenträger wird dabei beispielsweise mit einer magnetischen Entwicklerwalze bewerkstelligt, an der sich die Trägerteilchen anlagern. In unmittelbarer Nähe des Zwischenträgers werden die elektrisch geladenen Tonerteilchen dem elektrischen Feld des Ladungsbildes entsprechend auf den Zwischenträger übertragen, während die Trägerteilchen in der Entwicklerstation verbleiben, bzw. zurückgeführt werden.

35

Während des Entwickelns wird also Toner aus der Entwicklerstation entnommen, der durch eine entsprechende Tonerzufuhr

in die Entwicklerstation ersetzt werden muss. Dabei ist es sowohl für die Qualität des Druckbildes als auch für den störungsfreien Betrieb der Entwicklerstation notwendig, dass die Tonerkonzentration stets einem vorbestimmten Wert, im
5 folgenden Sollwert genannt, entspricht.

Zur Einstellung der Tonerkonzentration auf diesen Sollwert werden üblicherweise Regelverfahren verwendet, bei denen die aktuelle Tonerkonzentration, d.h. der Istwert (oder eine
10 davon abhängige Größe) gemessen wird und dessen Differenz vom Sollwert, die sogenannte Regelabweichung durch geeignetes Einstellen einer Stellgröße, beispielsweise der Tonerzufuhr, minimiert wird.

15 Zur Messung der Tonerkonzentration in der Entwicklerstation kann beispielsweise die magnetische Permeabilität des Gemisches mit Hilfe eines Sensors gemessen werden, die für die Tonerkonzentration kennzeichnend ist, da lediglich die Trä-
gerteilchen magnetisierbar sind.

20 Allerdings kann ein derartiger Sensor aus Platzgründen nicht in dem Abschnitt der Entwicklerstation angeordnet werden, aus dem der Toner zur Entwicklung des Ladungsbildes tatsächlich entnommen wird, wie unten an Hand eines Ausführungsbeispiels
25 näher erläutert wird. Statt dessen muss der Sensor im sogenannten Behälter der Entwicklerstation untergebracht werden. Dies ist insofern problematisch, als sich im Druck- bzw. Kopierbetrieb ein Tonerkonzentrationsgefälle innerhalb der
Entwicklerstation einstellt, so dass die im Behälter gemessene Tonerkonzentration von der für den Druckprozess relevanten
30 Tonerkonzentration im Tonerentnahmebereich abweicht und somit der Regelung ein verfälschter Istwert zugrundegelegt wird. Ein weiteres Problem besteht darin, dass der Sensormesswert von der aktuellen Toneraufladung beeinflusst wird, die sich
35 u. a. in Abhängigkeit vom Tonerdurchsatz ändert. Auch dadurch kann also der zugrundegelegte Istwert verfälscht werden.

Diese Probleme werden in herkömmlichen Verfahren umgangen, indem anstelle einer direkten Messung der Tonerkonzentration eine Tonermarke auf dem Zwischenträger erzeugt und dann mit einem Reflexlichtsensor oder dergleichen abgetastet wird.

5 Dadurch lässt sich eine Druckdichte bestimmen, die wiederum kennzeichnend für die Tonerkonzentration ist.

10 Dieses Verfahren ist beispielsweise in der DE 101 36 259 beschrieben. Darin wird eine Tonermarke auf einem Fotoleiter erzeugt, wobei dieser mit einer Intensität belichtet wird, bei der die Druckdichte besonders stark mit der Tonerkonzentration variiert. Dadurch lässt sich die Tonerkonzentration im Prinzip sehr genau bestimmen, zumal dabei tatsächlich die Konzentration des Toners in einem Abschnitt der Entwicklerstation erfasst wird, aus dem der Toner entnommen wurde.

20 Die Tonerkonzentrationsmessung mit Hilfe einer Tonermarke ist jedoch insofern indirekt, als die Druckdichte der Tonermarke außer von der Tonerkonzentration noch von einer Reihe weiterer Größen abhängig ist. Zu diesen Größen gehören beispielsweise die Beleuchtungsintensität eines Zeichengenerators, der Grad der elektrostatischen Aufladung des Toners, die Intensität der Aufladung des Zwischenträgers und die Größe der Spannung zwischen Entwicklerwalze und Zwischenträger. Die Tonerkonzentration kann nur dann zuverlässig aus der Tonermarke ermittelt werden, wenn alle diese Größen einen bekannten, konstanten Wert annehmen.

30 Wenn sich jedoch eine oder mehrere dieser Größen beispielsweise infolge eines Defektes im Gerät unbemerkt ändern, wird dem Regler der Konzentrationsregelung ein falscher Istwert zugeführt. Dies kann beispielsweise dazu führen, dass der Entwicklerstation kontinuierlich Toner zugeführt wird, bis diese verstopft, oder dass über einen längeren Zeitraum gar
35 kein Toner zugeführt wird und die Tonerkonzentration kontinuierlich sinkt, wodurch es beispielsweise zu einem Ladungsüberschlag zwischen Zwischenträger und Entwicklerwalze kommen

kann, weil der elektrische Widerstand des Gemisches mit Abnahme des (elektrisch nichtleitenden) Toners abnimmt. In beiden Fällen kann es zu einer schweren Beschädigung der Entwicklerstation kommen. Aus Gründen der Betriebssicherheit und Kontrollierbarkeit des Systems ist also einer direkten Konzentrationsmessung der Vorzug zu geben.

Ein weiteres Problem bei herkömmlichen Verfahren zur Regelung der Tonerkonzentration besteht darin, dass die Angleichung der Tonerkonzentration an den Sollwert relativ langsam geschieht, weil die Regelverstärkung relativ gering gehalten werden muss. Eine zu hohe Regelverstärkung führt nämlich zu einem instabilen Regelverhalten, einer Erhöhung der Störempfindlichkeit und schlechterem Führungsverhalten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, die ein Entwickeln eines latenten Bildes mit Toner mit hoher Druckqualität ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bei diesem Verfahren wird die Tonerkonzentration im Gemisch mit einem in der Entwicklerstation angeordneten Sensor gemessen und die Tonerzufuhr mit einem Stellglied eingestellt, wobei ein aktueller Verbrauchswert für Tonerteilchen ermittelt wird und eine Regeleinheit zur Regelung der Tonerkonzentration das Stellglied abhängig vom Signal des Sensors und vom ermittelten Verbrauchswert ansteuert.

Der Begriff "Ermitteln" des Verbrauchswertes ist in einem weiten Sinne zu verstehen, gemeint ist sowohl eine mehr oder weniger genaue Messung als auch eine bloße Abschätzung. Beispiele für geeignete Abschätzungen des Verbrauchswertes werden unten gegeben.

Unter Verwendung des ermittelten aktuellen Verbrauchswertes können die Fehler bei der direkten Messung bis zu einem ge-

wissen Grade korrigiert werden, da sowohl das räumliche Konzentrationsgefälle in der Entwicklerstation als auch die elektrostatische Aufladung des Toners mit dem aktuellen Tonerverbrauch zusammenhängen. Ferner kann der aktuelle Toner-
5 verbrauchswert unmittelbar bei der Regelung der Tonerkonzentration berücksichtigt werden und nicht erst dann, wenn er sich in einer Regelabweichung manifestiert. Dadurch wird das dynamische Verhalten der Regelung verbessert.

10 Vorzugsweise wird beim vorgestellten Verfahren aus der am Einbauort des Sensors gemessenen Tonerkonzentration und dem Tonerverbrauchswert die Tonerkonzentration in einem Abschnitt der Entwicklerstation berechnet, aus dem der Toner zur Entwicklung des latenten Bildes entnommen wird. Mit dem Ergebnis
15 dieser Berechnung kann dann die vom Sensor gemessene Konzentration korrigiert werden.

Vorzugsweise wird bei dem Verfahren das Stellglied durch die Kombination einer ersten und einer zweiten Stellgröße gesteuert, wobei sich die erste Stellgröße nach dem Toner-
20 verbrauchswert und die zweite Stellgröße nach der gemessenen Tonerkonzentration bemisst. Dabei ist die erste Stellgröße vorzugsweise so bemessen, dass sie eine Tonerzufuhr bewirkt, die dem aktuellen Tonerverbrauchswert entspricht. Der aktuelle Verbrauchswert stellt also in diesem Fall quasi eine Stör-
25 gröÙe dar, der die erste Stellgröße unmittelbar und rückkopplungsfrei entgegenwirkt. Die zweite Stellgröße ist vorzugsweise so bemessen, dass sie die Tonerkonzentration auf einen Sollwert regelt.

30 Im einfachsten Fall ist die genannte "Kombination" der beiden Stellgrößen schlicht eine Addition der beiden. Beispielsweise kann die erste Stellgröße das Ausgangssignal einer Steuerkette sein, das zum Signal der zweiten Stellgröße addiert wird,
35 die wiederum durch das Ausgangssignal eines Regelkreises gebildet wird. Es ist aber beispielsweise genau so gut denkbar, dass der Verbrauchswert in eine Hilfsgröße umgerechnet

wird, die in den Regler eingespeist wird und so bemessen ist, dass sie eine Stellgröße bewirkt, der eine Tonerzufuhr gemäß dem Verbrauchswert entspricht. Wenn nun gleichzeitig eine Regelabweichung und diese Hilfsgröße in den Regler eingespeist werden, gibt der Regler eine Stellgröße aus, die hier als "Kombination" zweier Stellgrößen bezeichnet wird, nämlich einer ersten Stellgröße, die sich ergäbe, wenn nur die Hilfsgröße in den Regler eingespeist würde, und einer zweiten Stellgröße, die sich ergäbe, wenn nur die Regelabweichung in den Regler eingespeist würde. Diese Kombination der ersten und zweiten Stellgröße ist je nach Typ des Reglers nicht notwendigerweise eine Summe, jedoch eine Funktion der beiden. In dieser Allgemeinheit soll in der vorliegenden Erfindung der Begriff der "Kombination" der beiden Stellgrößen verstanden werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird die am Stellglied eingestellte Tonerzufuhr als Tonerverbrauchswert angenommen. Diese Wahl des Schätzwertes ergibt sich aus folgender Überlegung: Wenn das Verfahren wie gewünscht arbeitet, entspricht die aktuelle Tonerkonzentration ihrem Sollwert und die aktuelle Tonerzufuhr dem aktuellen Tonerverbrauch. In diesem Fall ist also die aktuelle Tonerzufuhr ein sehr guter Schätzwert für den aktuellen Tonerverbrauch. Insofern ist die Wahl des Schätzwertes selbstkonsistent: je besser das Verfahren arbeitet, desto besser ist der Schätzwert des Tonerverbrauchs, aufgrund dessen dann das Verfahren wiederum besser arbeitet. Es hat sich gezeigt, dass trotz der impliziten Rückkopplung durch geeignete Wahl von Regelparametern ein stabiles Regelverhalten erhalten werden kann. Der Vorteil dieser speziellen Ausführung des Verfahrens besteht darin, dass die aktuelle Tonerzufuhr eine Größe ist, die einfach zu erfassen ist, so dass dieses Verfahren ohne große bauliche Eingriffe bei herkömmlichen Geräten angewendet werden kann.

In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Tonerverbrauchswert aus Druckdaten abgeschätzt. Vorzugsweise wird der Tonerverbrauchswert aus der mit ihrer Einfärbungsstufe gewichteten Anzahl zu druckender Pixel abgeschätzt. Eine derartige Abschätzung des Tonerverbrauchswertes ist bereits aus der US 5,202,769 bekannt, wird darin aber lediglich zur reinen Steuerung der Tonerzufuhr, nicht aber im Rahmen einer Regelung verwendet. Eine bloße Steuerung ist aber ungeeignet, die Tonerkonzentration über einen langen Zeitraum stabil und sicher einzustellen, weil sich kleine systematische Abweichungen zwischen tatsächlichem und abgeschätztem Tonerverbrauch mit der Zeit aufsummieren. Bei Störungen im Druck- oder Kopierprozess kann die Abweichung von tatsächlichem und abgeschätztem Tonerverbrauch sehr groß werden, so dass sich rasch eine viel zu hohe oder viel zu geringe Tonerkonzentration in der Entwicklerstation einstellt, die wie oben erwähnt zu ihrer Beschädigung führen kann.

Die Abschätzung des Tonerverbrauchswertes aus den Druckdaten lässt sich in der Praxis so genau durchführen, dass die sich am Tonerverbrauchswert bemessende erste Stellgröße bereits eine Tonerkonzentration in der Entwicklerstation bewirkt, die für kurze und mittlere Zeiten nahe am Sollwert ist. Die zweite Stellgröße bewirkt dann nur eine relativ geringe Korrektur der durch die erste Stellgröße vorgesteuerten Tonerzufuhr. Insgesamt ergibt sich dabei eine stark verbesserte Regeldynamik, weil der vorgesteuerte Anteil der Tonerzufuhr, also die erste Stellgröße, unverzüglich auf den ermittelten Tonerverbrauchswert reagiert und die zweite Stellgröße weit geringere Regelabweichungen auszugleichen hat, als in einem herkömmlichen Verfahren.

Da die Druckdaten bei einem Drucker oder Kopierer in einer Steuerungseinheit verarbeitet werden, muss diese zur Implementierung des letztgenannten Verfahrens bei herkömmlichen Geräten modifiziert werden. Wenn dies beispielsweise aus

Kostengründen oder zur Bewahrung der Kontinuität einer Produktpalette vermieden werden soll, kann der Tonerverbrauchswert in einer alternativen Weiterbildung des Verfahrens aus der mit ihrer Einfärbungsstufe gewichteten Anzahl der Pixel abgeschätzt werden, die im das latente Druckbild erzeugenden Zeichengenerator gesetzt werden. Vorzugsweise werden dabei die Pixel mit Hilfe einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung gezählt, die mit dem Zeichengenerator verbunden ist. Diese Lösung erfordert also nur eine relativ geringe Ergänzung, nicht aber eine wesentliche Modifikation eines herkömmlichen Drucker- oder Kopierersystems.

In einer weiteren alternativen Weiterbildung wird der Tonerverbrauchswert an Hand des Stromverbrauchs des das latente Ladungsbild erzeugenden Zeichengenerators abgeschätzt. Dies ist möglich, weil der Tonerverbrauch und der Stromverbrauch im Zeichengenerator unmittelbar zusammenhängen. Denn zur Erzeugung eines jeden Bildpunktes des Ladungsbildes ist eine gewisse Lichtenergie nötig, die sich wiederum im Stromverbrauch des Zeichengenerators niederschlägt. In der Praxis lässt sich über den Stromverbrauch ein für die Zwecke des erfindungsgemäßen Verfahrens hinreichend guter Tonerverbrauchswert abschätzen. Der Vorteil dieses weitergebildeten Verfahrens besteht darin, dass es sich mit minimalen baulichen Ergänzungen in vorhandenen Drucker- und Kopierersystemen implementieren lässt.

Im Rahmen des beschriebenen Verfahrens kann der Tonerverbrauchswert aus praktischen Gründen "vorausschauend" ermittelt werden. Dies ist beispielsweise in der oben genannten Weiterbildung der Fall, bei der der Verbrauchswert aus Druckdaten abgeschätzt wird, die üblicherweise bereits eine gewisse Zeit vor dem Entwickeln des Ladungsbildes vorliegen. In einem solchen Fall wird der ermittelte Tonerverbrauchswert vorzugsweise bis zur Einfärbung des entsprechenden Druckbildes in einem Datenpuffer, beispielsweise einem Verzögerungspuffer gespeichert. Dann kann die Regeleinheit zur Regelung

der Tonerkonzentration das Stellglied abhängig vom ermittelten Verbrauchswert zu genau dem Zeitpunkt ansteuern, an dem der ermittelte Verbrauch tatsächlich stattfindet, wodurch sich die Regeldynamik verbessert.

5

In einer vorteilhaften Weiterbildung wird die relative Gewichtung der ersten und zweiten Stellgröße im Verlauf des Druck- oder Kopierprozesses variiert. Vorzugsweise wird dabei die zweite Stellgröße in der Startphase eines Druck- oder
10 Kopierprozesses unterdrückt und ihre Gewichtung erhöht, wenn sich der Zustand des Gemisches in der Entwicklerstation stabilisiert hat. Denn in der Startphase lässt sich die Tonerkonzentration in der Entwicklerstation nur ungenau bestimmen, da sich der Gemischlauf noch nicht stabilisiert hat. Aufgrund
15 der ungenauen Konzentrationsmessung in der Startphase bietet es sich also an, sich zunächst auf die erste Stellgröße zu verlassen.

20

Vorzugsweise umfasst die Reglereinheit einen PID-Regler. In einer vorteilhaften Weiterbildung werden die verwendeten Regelparameter im Verlauf des Druck- oder Kopierprozesses variiert.

30

Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung wird im folgenden auf die in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele Bezug genommen, die anhand spezifischer Terminologie beschrieben sind. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass der Schutzzumfang der Erfindung dadurch nicht eingeschränkt werden soll, da derartige Abwandlungen und weitere
35 Modifizierungen an den gezeigten Vorrichtungen und Verfahren sowie derartige weitere Anwendungen der Erfindung, wie sie darin aufgezeigt sind, als übliches derzeitiges oder künftiges Fachwissen eines zuständigen Fachmannes angesehen werden. Die Figuren zeigen Ausführungsbeispiele der Erfindung, nämlich

Figur 1 eine schematische Zeichnung von Komponenten eines elektrofotografischen Druckers,

5 Figur 2 eine schematische Darstellung einer Entwicklerstation mit Tonerzufuhr und Regeleinheit,

Figur 3 ein Blockdiagramm, in dem ein herkömmliches Regelverfahren dargestellt ist,

10 Figur 4 eine schematische Darstellung einer Entwicklerstation, in der die Ortsabhängigkeit der Tonerkonzentration modellhaft dargestellt ist,

15 Figur 5 ein schematisches Diagramm der Tonerkonzentrationsverteilung in einer Entwicklerstation bei einem herkömmlichen Regelverfahren,

20 Figur 6 ein schematisches Diagramm der Tonerkonzentrationsverteilung in einer Entwicklerstation beim erfindungsgemäßen Regelverfahren,

Figuren 7 bis 9

Blockdiagramme dreier Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens,

25 Figur 10 den schematischen Aufbau einer Regeleinheit,

Figur 11 den schematischen Aufbau einer weiteren Regeleinheit,

30

Figur 12 vier schematische Diagramme a-d, in denen der ermittelte Tonerverbrauchswert (a), der tatsächliche Tonerverbrauch (b), der Stellwert für die Tonerzufuhr (c) und die Tonerkonzentration (d) gegen die

35

Zeit aufgetreten sind, und

Figuren 13 bis 15

Blockdiagramme, in denen Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens schematisch dargestellt sind.

5 Im folgenden werden die Grundzüge des elektrofotografischen Druckens oder Kopierens unter Bezugnahme auf Figur 1 kurz erläutert. In Figur 1 ist eine Fotoleitertrommel 10 im Querschnitt dargestellt, deren Umfangsfläche mit einem Fotohalbleiter, beispielsweise Arsentriselenid (As_2Se_3) beschichtet ist. Solch ein Fotohalbleiter hat einen hohen Dunkelwiderstand, der jedoch bei ausreichender Belichtung absinkt. Die Fotoleitertrommel 10 dreht sich in der mit dem Pfeil 12 ange-
10 deuteten Richtung. Dabei wird ihre Fotohalbleiterschicht zunächst mit Hilfe eines sogenannten Aufladekorotrons 14
15 elektrostatisch aufgeladen. Durch Drehung der Fotoleitertrommel 12 gelangt der aufgeladene Abschnitt zu einem Zeichengenerator 16 mit einer Lichtquelle 18 (in Figur 1 ein LED-Kamm) und einer Steuerungseinheit 20. Die Steuerungseinheit 20 gibt vor, an welchen Punkten die Fotoleitertrommel 10 belichtet
20 werden soll. An den belichteten Stellen sinkt der elektrische Widerstand der Fotohalbleiterschicht und die Ladung fließt ab. So werden Bildpunkte eines latenten Ladungsbildes auf der Fotoleitertrommel erzeugt. Diese Bildpunkte, Pixel genannt, werden also im Zeichengenerator "gesetzt".

Bei einer weiteren Drehung der Fotoleitertrommel 10 gelangt das latente Ladungsbild zu einer Entwicklereinheit 22. Die Entwicklereinheit 22 umfasst einen Behälter 24, in dem sich ein Gemisch 26 aus Tonerteilchen und Trägerteilchen befindet.
30 Die Trägerteilchen bestehen bei der gezeigten Entwicklerstation aus einem magnetischen Material wie Eisen oder Stahl und Ferrit. Deshalb können die Trägerteilchen von einer magnetischen Entwicklerwalze 28 angezogen werden und zusammen mit den an ihnen haftenden Tonerteilchen durch Rotation der Ent-
35 wicklerwalze 28 zur Fotoleitertrommel 10 befördert werden. Dabei richten sich die Trägerteilchen entlang der von der Entwicklerwalze 28 erzeugten magnetischen Feldlinien derart

aus, dass sie an der Oberfläche der Entwicklerwalze 28 eine
bürstenartige Anordnung bilden, die als "Magnetbürste" 56
bezeichnet wird (vgl. Figur 4).

5 Die Tonerteilchen werden in der Entwicklerstation 22 tribo-
elektrisch aufgeladen und mit Hilfe eines geeigneten elektri-
schen Feldes von der Magnetbürste 56 auf die belichteten
(sogenanntes „Dunkelschreiben“) oder unbelichteten Stellen
des Fotohalbleiters (sogenanntes „Hellschreiben“) übertragen.
10 So wird das auf der Fotoleitertrommel 10 befindliche Ladungs-
bild mit Toner eingefärbt, d.h. entwickelt.

Das Tonerbild wird dann in einer Umdruckstation 30 auf einen
Druckträger, beispielsweise einen Bogen Papier 32 übertragen.

15 Daher wird die Fotoleitertrommel 10 allgemein als Zwischen-
träger bezeichnet.

Beim Umdruck auf der Fotoleitertrommel 10 verbleibender Toner
wird schließlich mit Hilfe einer Reinigungsvorrichtung 34

20 entfernt.

In Figur 2 ist die Entwicklerstation 22 vergrößert darge-
stellt. Da bei der Entwicklung des latenten Ladungsbildes nur
Toner, aber keine Trägerteilchen auf die Fotohalbleiter-
schicht übertragen werden, würde die Tonerkonzentration im
Behälter 24 der Entwicklerstation 22 mit der Zeit abnehmen,
wenn nicht laufend Toner in die Entwicklerstation 22 zuge-
führt würde. Daher ist die Entwicklerstation 22 mit einem
Tonerreservoir 36 verbunden, und die Tonerzufuhr aus dem
30 Reservoir 36 in die Entwicklerstation 22 geschieht mit Hilfe
eines Motors 38, der eine Fördereinrichtung antreibt.

Die Förderleistung des Motors 38 wird durch eine Motorsteue-
rung 40 vorgegeben. Ein übliches Verfahren, die Tonerkonzen-
35 tration in der Entwicklerstation 22 einzustellen, basiert auf
einem einfachen Regelkreis. Dabei wird die aktuelle Tonerkon-
zentration in der Entwicklerstation 22 mit Hilfe eines Sen-

sors 42 gemessen. Die gemessene Tonerkonzentration ist die Regelgröße 44, die das Eingangssignal in einen Regler 46 darstellt. Im Regler 46 wird durch Subtraktion der Regelgröße 44 von einer Führungsgröße die Regelabweichung berechnet. Die Regelgröße wird Istwert, die Führungsgröße Sollwert genannt. Aus der Regelabweichung erzeugt der Regler 46 eine Stellgröße 48, die an ein Stellglied gesendet wird, das im vorliegenden Fall durch den Motor 38 und die Motorsteuerung 40 gebildet wird. Die Stellgröße 48 ist so bemessen, dass sie über Motorsteuerung 40 und Motor 38 eine Tonerzufuhr bewirkt, die die Regelabweichung kompensiert. Man beachte, dass hier und im Folgenden Begriffe wie Regelgröße 44 und Stellgröße 40 sowohl für die abstrakten Elemente des Regelkreises, als auch für die Signale verwendet werden, die die entsprechenden Größen übermitteln.

Die wesentlichen Elemente dieses herkömmlichen Regelverfahrens sind in Figur 3 in einem Blockdiagramm zusammengefasst. Über die im Zusammenhang mit Figur 2 hinaus besprochenen Elemente und Signale ist in Figur 3 eine Messwerterfassungseinrichtung 52 gezeigt, die ausgehend von einem Sensorsignal 50 des Sensors 42 die Regelgröße 44 erzeugt, und ein Motorsignal 54, mit dem die Motorsteuerung 40 den Motor 38 ansteuert. Der Motor kann intermittierend betrieben werden oder in der Drehzahl variiert werden.

Dieses in Figur 3 gezeigte herkömmliche Regelverfahren ist jedoch mit mehreren Problemen behaftet. Das erste Problem besteht darin, dass die mit Hilfe des Sensors 42 gemessene Tonerkonzentration nicht notwendigerweise mit der Tonerkonzentration an dem Ort übereinstimmt, an dem der Toner tatsächlich zur Entwicklung des Fotoleiters 10 entnommen wird. Das Problem ist in Figur 4 schematisch dargestellt, in der die Helligkeit des Toner-Trägerteilchen-Gemisches 26 modellhaft die Tonerkonzentration repräsentiert. Die Tonerkonzentration ist in dem mit A bezeichneten Bereich, in dem Toner zugeführt wird, besonders hoch, und in dem mit C bezeichneten

Bereich, aus dem Toner zum Entwickeln entnommen wird, besonders niedrig. Dieses Tonerkonzentrationsgefälle tritt auf, obwohl das Gemisch 26 in der Entwicklerstation beispielsweise mit Hilfe eines Paddelrades (nicht gezeigt) durchmischt wird.

5 Der Begriff „Gefälle“ soll dabei nicht ausdrücken, daß sich die Tonerkonzentration linear mit dem Ort ändert. In der Tat kann eine allgemeine, nicht lineare Beziehung zwischen Tonerkonzentration und Ort bestehen.

10 Die für den Druck- oder Kopierprozess wesentliche Konzentration ist diejenige im Tonerentnahmebereich C. Im Tonerentnahmebereich C kann jedoch kein Sensor eingebaut werden, weil dieser der Entwicklerwalze 28 und dem Aufbau der Magnetbürste 56 im Wege wäre. Statt dessen muss der Sensor an einem Ort B
15 im Behälter 24 der Entwicklereinheit 22 angeordnet werden, an dem die aktuelle Tonerkonzentration meist nicht mit der im Tonerentnahmebereich C übereinstimmt.

Das Tonerkonzentrationsgefälle ist im Diagramm der Figur 5
20 schematisch dargestellt. Darin zeigt der Graph 58 die von der Position P abhängige Tonerkonzentration (TK) in der Entwicklerstation 22 bei niedrigem Tonerverbrauch, d.h. geringer Tonerentnahme pro Zeiteinheit. Wie in Figur 5 zu sehen, ist dabei die Tonerkonzentration in der gesamten Entwicklerstation nahezu identisch. Das liegt daran, dass bei geringem Tonerverbrauch genügend Zeit vorhanden ist, dass sich die Tonerkonzentration durch Durchmischen des Toner-Trägerteilchen-Gemisches ausgleicht.

30 Der Graph 60 zeigt die räumliche Tonerkonzentrationsverteilung bei hohem Tonerverbrauch. Bei hohem Tonerverbrauch stellt sich nämlich, wie in Figur 5 zu sehen, ein beträchtliches Tonerkonzentrationsgefälle innerhalb der Entwicklerstation 22 ein. Wenn die Tonerkonzentration, wie in Figur 5
35 gezeigt, am Einbauort B des Sensors auf ihren Sollwert (S) geregelt ist, liegt die Tonerkonzentration im Entnahmebereich C deutlich unter dem Sollwert. Dies führt zu schlechtem

Druckverhalten und im schlimmsten Fall zur Beschädigung der Entwicklerstation 22. Die Figur 5 ist nur schematisch aufzufassen. Der Einfachheit halber wurde ein linearer Verlauf der Tonerkonzentration in Abhängigkeit von der Position angenommen, aber auch eine kompliziertere Abhängigkeit ist möglich.

Da der Gradient der Tonerkonzentration in der Entwicklerstation 22 vom aktuellen Tonerverbrauch abhängt, sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, einen aktuellen Tonerverbrauchswert mehr oder weniger genau zu ermitteln, und aus diesem zusammen mit der am Einbauort B des Sensors gemessenen Tonerkonzentration die Tonerkonzentration im Entnahmebereich C zu berechnen. Dann wird die Tonerkonzentration am Einbauort B des Sensors so eingestellt, dass die (errechnete) Tonerkonzentration im Entnahmebereich C dem Sollwert entspricht.

Die so bewirkte Tonerkonzentrationsverteilung ist als Graph 62 in Figur 6 gezeigt. Die Differenz zwischen tatsächlich am Ort B eingestellter Tonerkonzentration und dem Sollwert (S) wird Sensorkorrektur 64 genannt. Die Sensorkorrektur 64 ist wie gesagt eine Größe, die aus dem ermittelten Tonerverbrauchswert berechnet wird.

Im Folgenden werden mehrere Möglichkeiten vorgeschlagen, den aktuellen Tonerverbrauchswert zu ermitteln. Es ist klar, dass "ermitteln" in diesem Zusammenhang nicht exaktes Erfassen des tatsächlichen aktuellen Tonerverbrauchs bedeuten kann, denn wenn dies möglich wäre, wäre ja die Aufgabe des gesamten Verfahrens bereits gelöst. "Ermitteln" bedeutet im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine jede direkte oder indirekte approximative Bestimmung des aktuellen Tonerverbrauchs, inklusive dessen Abschätzung.

Bei eingeschwungenem Regelkreis ist die Stellgröße 48 bereits ein relativ guter Schätzwert für den aktuellen Tonerverbrauch. Wie in Figur 7 gezeigt, wird daher in einer Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Stellgröße 48 als

aktueller Tonerverbrauchswert in eine Korrektureinheit 66
 eingegeben, die daraus die Sensorkorrektur 64 ermittelt und
 die ein entsprechendes Sensorkorrektursignal an die Messein-
 richtung 52 schickt. Wiederum wird im folgenden weder sprach-
 5 lich noch bezüglich des Bezugszeichens zwischen der Sensor-
 korrektur und dem entsprechenden Signal unterschieden.

Die Verwendung der Stellgröße 48 als Tonerverbrauchswert
 stellt eine Rückkopplung dar, die den Regelkreis prinzipiell
 10 aus dem Gleichgewicht bringen könnte. Es hat sich jedoch in
 der Praxis gezeigt, dass auch mit dieser Rückkopplung bei
 geeigneter Wahl der Regelparameter ein stabiles Regelverhal-
 ten erreicht werden kann.

15 Bei einer anderen, in Figur 8 gezeigten Ausführung des erfin-
 dungsgemäßen Verfahrens wird der Tonerverbrauchswert 68 in
 einer Druckersteuerung 70 an Hand von Druckdaten bestimmt und
 an die Korrektureinheit 66 übermittelt. Der Verbrauchswert 68
 kann während oder nach der Aufbereitung der Druckdaten in der
 20 Druckersteuerung berechnet werden. Im gezeigten Ausführungs-
 beispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens wird aus den Druck-
 bilddaten für jede einer gewissen Anzahl von Einfärbungsstu-
 fen die Anzahl der einzufärbenden Pixel ermittelt und daraus
 der Tonerverbrauch abgeschätzt. Konkret geschieht dies fol-
 25 gendermaßen: jeder zu druckende Pixel wird einer von m Ein-
 färbungsstufen (Graustufen) zugeordnet, wobei m eine natürli-
 che Zahl ist. Wenn mit n_i die Anzahl von Pixeln der i-ten
 Einfärbungsstufe bezeichnet wird, berechnet sich der Schätz-
 wert für den Tonerverbrauch gemäß:

$$30 \quad \text{Tonerverbrauch} = k_{\text{Verb}} \cdot (k_1 \cdot n_1 + \dots + k_i \cdot n_i + \dots + k_m \cdot n_m) + k_0,$$

wobei k_i der Gewichtungsfaktor der Pixelanzahl der i-ten
 Einfärbungsstufe und k_{Verb} ein Proportionalitätsfaktor ist. k_0
 35 Bezeichnet einen Grundverbrauch an Toner durch Staubbildung,
 Absaugung o.ä.

Die Druckbilddaten werden vor dem Belichten und Einfärben des Fotohalbleiters der Fototrommel 10 in der Druckersteuerung 70 aufbereitet. Zwischen der Aufbereitung der Druckdaten und der Entwicklung des Fotoleiters kann eine gewisse, nicht unerheb-
5 liche Zeitspanne liegen. Daher ist in der Darstellung von Figur 8 ein Verzögerungspuffer 72 vorgesehen, in dem der von der Druckersteuerung 70 ermittelte Tonerverbrauchswert für die Dauer dieser Zeitspanne zwischengespeichert wird und erst dann an die Korrektereinheit 66 weitergegeben wird, wenn das
10 den Druckdaten entsprechende Bild tatsächlich entwickelt wird.

Neben der oben beschriebenen inhomogenen Tonerkonzentrations-
15 verteilung in der Entwicklerstation 22 gibt es noch eine weitere Fehlerquelle, die die Konzentrationsmessung verfälschen kann. Denn der Messwert des Sensors 42 wird durch die Größe der elektrostatischen Aufladung des Toners beeinflusst, die wiederum Fluktuationen unterworfen ist. Der Aufladungszu-
20 stand des Toners ist aber ebenfalls vom Tonerdurchsatz, d.h. vom Tonerverbrauch abhängig. Deshalb kann ein aufgrund einer vom Sollwert abweichenden Toneraufladung verfälschter Messwert ebenfalls unter Verwendung des aktuellen Tonerverbrauchswertes 68 von der Korrektereinheit 66 korrigiert werden.

25 Ein weiteres Problem des Regelverfahrens von Figur 3 und auch des verbesserten Regelverfahrens von Figur 7 und 8 besteht darin, dass die damit erreichbare Regeldynamik relativ träge ist. Das bedeutet beispielsweise, dass sich erst ein gewisser
30 Tonermangel einstellen muss, bis der Regler 46 über Motorsteuerung 40 und Motor 38 beginnt, die fehlende Menge Toner zuzuführen. Der Grund dafür ist, dass die Regelverstärkung des Reglers 46 nicht beliebig groß gewählt werden kann, weil sonst der Regelkreis störanfällig würde. In der Konsequenz
35 tritt beim herkömmlichen Regelverfahren immer wieder eine Tonerkonzentration in der Entwicklerstation 22 auf, die erheblich vom Sollwert abweicht, was die Druckqualität beein-

trächtigt und im schlimmsten Falle zur Beschädigung der Entwicklungereinheit 22 führen kann.

Eine Lösung für dieses Problem ist in Figur 9 gezeigt. An
5 Stelle des Reglers 46 nach den Figuren 3, 7 und 8 tritt in
Figur 9 eine Reglereinheit 74, die neben dem Eingang für die
Regelgröße 44 einen Eingang für den ermittelten Tonerver-
brauchswert 68 hat. Die Regeleinheit 74 erzeugt aus der Re-
gelgröße 44 und dem Tonerverbrauchswert 68 eine kombinierte
10 Stellgröße 76. Die kombinierte Stellgröße 76 setzt sich zu-
sammen aus einer ersten Stellgröße, die eine reine Steuergrö-
ße ist und eine Tonerzufuhr bewirkt, die dem Tonerverbrauchs-
wert 68 entspricht, und einer zweiten Stellgröße, die sich
aus der Regelgröße 44 bemisst und im Wesentlichen der Stell-
15 größe 48 im herkömmlichen Verfahren der Figuren 3, 7 und 8
entspricht. Dadurch wird die Tonerzufuhr im gewissen Sinne
durch den ermittelten Tonerverbrauchswert 68 vorgesteuert.
Die zweite Stellgröße dient im Grunde dazu, Fehler in der
Vorsteuerung durch Regelung auszugleichen.

20 Bei Anwendung des Verfahrens von Figur 9 treten weitaus ge-
ringere Regelabweichungen auf als im herkömmlichen Verfahren,
d.h. aufgrund der Vorsteuerung ist die Regelgröße 44, also
der Istwert der Tonerkonzentration relativ nah bei deren
Sollwert. Da auf eine Änderung des Tonerverbrauchs unmittel-
bar über die erste Stellgröße entgegengewirkt wird, ist das
dynamische Verhalten der Tonerkonzentrationseinstellung gemäß
Figur 9 weitaus besser als im herkömmlichen, reinen Regelver-
fahren.

30 Die erste Stellgröße ist wie gesagt die Stellgröße, die die
Regeleinheit 74 ausgeben würde, wenn die Regelabweichung Null
wäre und lediglich ein gewisses Tonerverbrauchswertsignal 68
in die Regeleinheit 74 eingespeist würde. Die zweite Stell-
35 größe ist die Stellgröße, die die Regeleinheit 74 ausgeben
würde, wenn lediglich die Regelgröße 44, d.h. ein Messwert
der Tonerkonzentration in die Regeleinheit 74 eingespeist

würde, jedoch kein Tonerverbrauchswertsignal 68 an der Regeleinheit 74 anläge. Wie diese beiden Stellgrößen zu einer Stellgröße 76 kombiniert werden, hängt vom speziellen Aufbau der Regeleinheit 74 ab. In den Rahmen der Erfindung fallen alle Regeleinheiten 74, in denen die Regelgröße 44 (die gemessene Tonerkonzentration) und der ermittelte Tonerverbrauchswert 68 zu einer gemeinsamen Stellgröße 76 verarbeitet werden. Ohne Einschränkung sollen jedoch in Figuren 10 und 11 zur Illustration zwei einfache Beispiele für die Reglereinheit 74 erläutert werden.

In Figur 10 ist ein Ausführungsbeispiel für die Regeleinheit 74 gezeigt. Die Regeleinheit 74 umfasst einen Regler 46 von im Wesentlichen gleicher Art wie in Figuren 2, 3, 7 und 8. Der Regler 46 erhält die Regelgröße 44 als Eingangssignal und gibt als Ausgangssignal die zweite Stellgröße 78 aus. Der Regler 74 umfasst ferner ein Steuerelement 80, das aus dem Tonerverbrauchswert 68 die erste Stellgröße 82 erzeugt. Im Knotenpunkt 83 werden die erste Stellgröße 82 und die zweite Stellgröße 78 zur kombinierten Stellgröße 76 addiert.

Im Beispiel von Figur 11 umfasst die Regeleinheit 74 neben Regler 46 eine Steuereinheit 84, die aus dem Tonerverbrauchswert 68 eine Hilfsgröße 86 erzeugt, die zur Regelgröße 44 addiert wird. Die Hilfsgröße 86 entspricht derjenigen hypothetischen Regelabweichung, aus der der Regler 46 eine Tonerzufuhr entsprechend dem Tonerverbrauchswert 68 vorgeben würde. Anders als bei dem Ausführungsbeispiel von Figur 10 treten bei der Regeleinheit 74 von Figur 11 die erste und zweite Stellgröße nicht explizit auf, sind jedoch nach dem oben Gesagten bereits durch die anliegenden Signale, d.h. den Tonerverbrauchswert 68 bzw. die Regelgröße 44 wohl definiert und schlagen sich in der kombinierten Stellgröße 76 nieder. In diesem weiten Sinne ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung der Begriff der Kombination der ersten und zweiten Stellgröße zu verstehen.

In Figur 12 sind der ermittelte Tonerverbrauchswert TVE(a), der tatsächliche Tonerverbrauch TV (b), der Stellwert SW2 der zweiten Stellgröße bzw. der Stellwert SWK der kombinierten Stellgröße (c) und der Istwert I der Tonerkonzentration (d) in einem schematischen Diagramm gegen eine gemeinsame Zeitachse aufgetragen. Der im Diagramm (a) eingetragene Tonerverbrauchswert 68 ist in der Druckersteuerung 70 von Figuren 8 und 9 aus Druckdaten ermittelt worden. Da die Druckdaten vor dem Entwickeln des Ladungsbildes vorliegen, liegt auch der ermittelte Tonerverbrauchswert jeweils um ein Zeitintervall T vor dem tatsächlichen Tonerverbrauch vor. Für dieses Zeitintervall T wird der Tonerverbrauchswert 68 im Verzögerungspuffer 72 (siehe Figuren 8 und 9) zwischengespeichert und dadurch mit dem tatsächlichen Tonerverbrauch synchronisiert, wie in Diagramm (b) gezeigt.

In Diagramm (b) ist dargestellt, dass der ermittelte Tonerverbrauchswert 68 (ausgezogene Linie) vom tatsächlichen Verbrauch TV (gepunktete Linie) etwas abweicht. Im Zeitintervall T_1 liegt der ermittelte Tonerverbrauchswert 68 beispielsweise über dem tatsächlichen Verbrauch TV. Ferner ist die Regelabweichung zu Beginn des Intervalls T_1 gleich 0, wie dem Diagramm (d) zu entnehmen ist, und der Stellwert SW2 der zweiten Stellgröße ist daher zunächst ebenfalls gleich 0 (siehe Diagramm c). Daher ergibt sich der Stellwert SWK der kombinierten Stellgröße zu Beginn des Intervalls T_1 lediglich aus der ersten Stellgröße und liegt, wie in Diagramm (c) zu sehen, über dem tatsächlichen Verbrauch, weil der ermittelte Verbrauchswert zu hoch geschätzt wurde. Infolgedessen steigt der Istwert der Tonerkonzentration zu Beginn des Intervalls T_1 über den Sollwert.

In Antwort auf diese Regelabweichung erzeugt die Regeleinheit 74 eine zweite Stellgröße mit negativem Stellwert SW2, die den Stellwert SWK der kombinierten Stellgröße korrigiert und etwa zur Mitte des Zeitintervalls T_1 an den tatsächlichen Tonerverbrauch TV angleicht (siehe Diagramm (c)). In den

Zeitintervallen T_2 und T_3 , in denen der ermittelte Tonerverbrauchswert 68 ebenfalls über dem tatsächlichen Tonerverbrauch liegt, zeigt sich das gleiche Verhalten.

- 5 Im Intervall T_4 liegt der ermittelte Tonerverbrauchswert 68 unter dem tatsächlichen Tonerverbrauch T_V , so dass der Stellwert SWK der kombinierten Stellgröße SWK aufgrund einer zu kleinen ersten Stellgröße zunächst unter dem tatsächlichen Tonerverbrauch T_V liegt. Dadurch fällt der Istwert I der
10 Tonerkonzentration TK zunächst unter den Sollwert S, wird aber durch einen dann positiven Stellwert SW2 der zweiten Stellgröße wieder auf den Sollwert S geregelt.

- Aus dem Diagramm (c) der Figur 12 wird deutlich, dass die
15 zweite Stellgröße nur einen relativ geringen Beitrag zur kombinierten Stellgröße leistet. Sie dient im Wesentlichen dazu, Fehler in der ersten Stellgröße aufgrund eines ungenauen Schätzwertes auszuregeln. Da die erste Stellgröße unmittelbar auf eine ermittelte Änderung des Tonerverbrauchswerts
20 reagiert, ist die Dynamik des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Einstellen der Tonerkonzentration sehr gut. Anders als bei einem reinen Steuerverfahren wird beim erfindungsgemäßen Verfahren ein systematischer Fehler bei der Ermittlung des Tonerverbrauchswertes ausgeregelt, der sich andernfalls im
5 Laufe der Zeit summieren würde und zu einer divergierenden Tonerkonzentration in der Entwicklerstation 22 führen würde.

- In Figur 13 ist eine alternative Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt, das sich vom Verfahren von Figur 9
30 durch die Art unterscheidet, nach der der Tonerverbrauchswert 68 ermittelt wird. Dazu dient im Verfahren von Figur 13 ein Pixelzähler 88, der die pro Einfärbungsstufe im Zeichengenerator 16 (siehe Figur 1) gesetzt Pixel zählt. Der Pixelzähler 88 wird im gezeigten Ausführungsbeispiel durch eine anwen-
35 dungsspezifische integrierte Schaltung (Application Specific Integrated Circuit, ASIC) gebildet. Der Pixelzähler 88 hat drei Eingänge 90, 92 und 94 entsprechend der drei Einfär-

bungsstufen, hellgrau, dunkelgrau bzw. schwarz, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel berücksichtigt werden. Für jedes Pixel, das im Zeichengenerator 16 gesetzt wird, wird ein Signal in den der Einfärbungsstufe des Pixels entsprechenden Eingang 90, 92 oder 94 gespeist. Im Pixelzähler 88 wird aus den gezählten Pixeln durch Gewichtung mit ihrer jeweiligen Einfärbungsstufe ähnlich wie oben bereits beschrieben der Tonerverbrauchswert 68 ermittelt. Ein solcher Pixelzähler 88 lässt sich leicht mit herkömmlichen Systemen kombinieren, ohne dass diese bedeutend modifiziert werden müssten. Der Pixelzähler kann 88 ähnlich wie die Druckerdteuerung 70 von Fig. 8 mit einem Verzögerungspuffer 72 versehen sein.

In Figur 14 ist eine besonders einfach und kostengünstig implementierbare Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt. Dabei wird der elektrische Strom, mit dem eine Stromquelle 96 den Zeichengenerator 16 versorgt, in einer Strommesseinrichtung 98 gemessen und der Messwert in einen Tonerverbrauchsschätzer 100 übertragen. Der Tonerverbrauchsschätzer 100 schätzt aus dem Stromverbrauch des Zeichengenerators 16 den Tonerverbrauchswert 68 ab. Dies gelingt, weil der Stromverbrauch des Zeichengenerators 16 wie oben bereits erläutert, ein Maß für die Anzahl und Einfärbungsstufe gedruckter Pixel ist. Der Vorteil des Verfahrens von Figur 14 ist, dass es sich mit sehr geringem konstruktiven Aufwand bei herkömmlichen Druckern oder Kopierern implementieren lässt.

In Figur 15 ist eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Blockdiagramm skizziert. Bei diesem Verfahren werden die Beiträge der ersten und zweiten Stellgröße zur kombinierten Stellgröße 76 zeitlich variiert. Dazu dienen ein Signalgewichter 102, der das Gewicht bestimmt, mit dem die Regelgröße 44 bei der Erzeugung des kombinierten Signals 76 berücksichtigt werden soll, und ein Signalgewichter 104, der das Gewicht bestimmt, mit dem der

ermittelte Verbrauchswert 68 in der kombinierten Stellgröße 76 Niederschlag finden soll.

Die entsprechende Gewichtung lässt sich gemäß Figur 15 über
5 zeitabhängige Gewichtungsfunktionen $f_1(t)$ und $f_3(t)$ vorgeben.
So ist beispielsweise die Regelgröße 44 in der Startphase
eines Druckers oder Kopierers nicht sehr zuverlässig, weil
sich der Gemischverlauf in der Entwicklerstation 22 noch
nicht stabilisiert hat. Daher ist es von Vorteil, den Beitrag
10 der Regelgröße 44 zur kombinierten Stellgröße 76, d.h. das
Gewicht der zweiten Stellgröße mit Hilfe des Signalgewichters
102 und geeigneter Wahl von $f_1(t)$ in der Startphase gering zu
halten und erst zu erhöhen, wenn sich der Zustand des Gemi-
sches in der Entwicklerstation 22 stabilisiert hat.

15 Darüber hinaus eignen sich unterschiedliche Regelparameter
zur Verwendung im Regler 46 für unterschiedliche zeitliche
Abschnitte des Druck- oder Kopierprozesses bzw. für unter-
schiedliche Zustände des Druckers oder Kopiergerätes, wie
20 beispielsweise Aufwärmphase, Druckphase, Kalibrierphase,
Frische des Toners etc. Daher hat die Regeleinheit 74 im
Ausführungsbeispiel von Figur 15 einen Speicher 106, in dem
die Regelparameter entsprechend einer zeitabhängigen bzw.
zustandsabhängigen Funktion $f_2(t)$ abgelegt werden.

Der Regler 46 ist in den gezeigten Ausführungsbeispielen ein
PID-Regler, daher ist die Funktion $f_2(t)$ eine vektorwertige
Funktion, deren Vektorkomponenten alle benötigten Regelpara-
meter enthalten. In Figur 15 ist ein nicht näher spezifizier-
30 ter Tonerverbrauchsschätzer, der den Verbrauchswert 68 ermit-
telt, mit 108 bezeichnet. Als Tonerverbrauchsschätzer 108
kommen unter anderem die vorher beschriebenen Elemente Druk-
kersteuerung 70, Pixelzähler 88 oder Tonerverbrauchsschätzer
100 in Frage.

35 Obgleich in den Zeichnungen und in der vorhergehenden Be-
schreibung bevorzugte Ausführungsbeispiele aufgezeigt und

detailliert beschrieben sind, sollte dies als rein beispielhaft und die Erfindung nicht einschränkend angesehen werden. Es wird darauf hingewiesen, dass nur die bevorzugten Ausführungsbeispiele dargestellt und beschrieben sind und sämtliche
5 Veränderungen und Modifizierungen, die derzeit und künftig im Schutzzumfang der Erfindung liegen, geschützt werden sollen.

Bezugszeichenliste

| | | |
|----|----|---|
| | 10 | Fotoleitertrommel |
| | 12 | Drehsinn der Fotoleitertrommel 10 |
| | 14 | Aufladekorotron |
| 5 | 16 | Zeichengenerator |
| | 18 | LED-Kamm |
| | 20 | Steuerungseinheit |
| | 22 | Entwicklerstation |
| | 24 | Behälter |
| 10 | 26 | Tonerteilchen-Trägerteilchen-Gemisch |
| | 28 | Entwicklerwalze |
| | 30 | Umdruckstation |
| | 32 | Papier |
| | 34 | Reinigungsvorrichtung |
| 15 | 36 | Tonerreservoir |
| | 38 | Motor |
| | 40 | Motorsteuerung |
| | 42 | Sensor |
| | 44 | Regelgröße |
| 20 | 46 | Regler |
| | 48 | Stellgröße |
| | 50 | Sensorsignal |
| | 52 | Messwerterfassung |
| | 54 | Motorsignal |
| 25 | 56 | Magnetbürste |
| | 58 | Tonerkonzentrationsverteilung (niedriger Verbrauch) |
| | 60 | Tonerkonzentrationsverteilung (hoher Verbrauch) |
| | 62 | Tonerkonzentrationsverteilung (hoher Verbrauch) |
| | 64 | Sensorkorrektur |
| 30 | 66 | Korrektureinheit |
| | 68 | ermittelter Tonerverbrauchswert |
| | 70 | Druckersteuerung |
| | 72 | Verzögerungspuffer |
| | 74 | Regeleinheit |
| 35 | 78 | zweite Stellgröße |
| | 80 | Steuerelement |
| | 82 | erste Stellgröße |

| | | |
|----|-----|-------------------------|
| | 83 | Knotenpunkt |
| | 84 | Steuerelement |
| | 86 | Hilfsgröße |
| | 88 | Pixelzähler |
| 5 | 90 | Eingang |
| | 92 | Eingang |
| | 94 | Eingang |
| | 96 | Stromquelle |
| | 98 | Strommesseinrichtung |
| 10 | 100 | Tonerverbrauchsschätzer |
| | 102 | Signalgewichter |
| | 104 | Signalgewichter |
| | 106 | Speicher |
| | 108 | Tonerverbrauchsschätzer |

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einstellen der Tonerkonzentration eines
5 Tonerteilchen-Trägerteilchen-Gemisches (26) in einer
Entwicklerstation (22) zum Entwickeln eines latenten La-
dungsbildes auf einem Zwischenträger (10) eines elektro-
graphischen Druckers oder Kopiergerätes, bei dem
10 ein in der Entwicklerstation (22) angeordneter Sensor
(42) die Tonerkonzentration im Gemisch (26) mißt,
ein Stellglied (40, 42) die Tonerzufuhr in die Entwick-
lerstation (22) einstellt,
15 ein aktueller Verbrauchswert (68) für Tonerteilchen er-
mittelt wird, und
bei dem eine Regeleinheit (74) zur Regelung der Toner-
konzentration das Stellglied (40, 42) abhängig vom Si-
20 gnal (50) des Sensors (42) und vom ermittelten Ver-
brauchswert (68) ansteuert.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Verbrauchswert
5 (68) abgeschätzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem aus der am
Einbauort (B) des Sensors (42) gemessenen Tonerkonzen-
tration und dem Tonerverbrauchswert (68) die Tonerkon-
30 zentration an einem vom Einbauort abweichenden Ort (C)
in der Entwicklerstation berechnet wird, an dem vorzugs-
weise der Toner zur Entwicklung des latenten Bildes ent-
nommen wird.
- 35 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das
Stellglied (38, 40) durch die Kombination einer ersten
Stellgröße (82) und einer zweiten Stellgröße (78) ge-

steuert wird, wobei sich die erste Stellgröße (82) nach dem Tonerverbrauchswert (68) und die zweite Stellgröße (78) nach der gemessenen Tonerkonzentration bemißt.

- 5 5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem das Stellglied 38, 40) durch die Summe einer ersten Stellgröße (82) und einer zweiten Stellgröße (78) gesteuert wird, wobei sich die erste Stellgröße (82) nach dem Tonerverbrauchswert (68) und die zweite Stellgröße (78) nach der gemessenen Tonerkonzentration bemißt.
10
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, bei dem die erste Stellgröße (82) so bemessen ist, daß sie eine Tonerzufuhr bewirkt, die dem aktuellen Tonerverbrauchswert (68) entspricht.
15
7. Verfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, bei dem die zweite Stellgröße (78) so bemessen ist, daß sie die Tonerkonzentration auf einen Sollwert regelt.
20
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die am Stellglied (38, 40) eingestellte Tonerzufuhr als Tonerverbrauchswert (68) angenommen wird.
25
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem der Tonerverbrauchswert (68) aus Druckdaten abgeschätzt wird.
30
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der Tonerverbrauchswert (68) aus der mit ihrer Einfärbungsstufe gewichteten Anzahl zu druckender Pixel abgeschätzt wird.
35
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem der Tonerverbrauchswert (68) aus der mit ihrer Einfärbungsstufe gewichteten Anzahl der Pixel abgeschätzt wird, die im das latente Druckbild erzeugenden Zeichengenerator (16) gesetzt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem die Pixel mit Hilfe einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (88) gezählt werden, die mit dem Zeichengenerator (16) verbunden ist.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem der Tonerverbrauchswert (68) anhand des Stromverbrauchs des das latente Ladungsbild erzeugenden Zeichengenerators (16) abgeschätzt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, bei dem der ermittelte Tonerverbrauchswert (68) bis zur Einfärbung des entsprechenden Druckbildes in einem Datenpuffer (72) gespeichert wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 14, bei dem die relative Gewichtung der ersten und zweiten Stellgröße (82, 78) im Verlauf des Druck- oder Kopierprozesses variiert wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem die zweite Stellgröße (78) in der Startphase eines Druck- oder Kopierprozesses unterdrückt wird und ihre Gewichtung erhöht wird, wenn sich der Zustand des Gemisches (26) in der Entwicklerstation stabilisiert hat.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Regeleinheit (74) einen PID-Regler (46) umfaßt.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die von der Regeleinheit verwendeten Regelparameter im Verlauf des Druck- oder Kopierprozesses variiert werden.

19. Vorrichtung zum Entwickeln eines latenten Ladungsbildes auf einem Zwischenträger eines elektrographischen Druckers oder Kopiergerätes, mit

5 einer Entwicklerstation (22), in der sich ein Tonerteilchen-Trägerteilchen-Gemisch (26) befindet,

einem in der Entwicklerstation (22) angeordneten Sensor (42) zum Messen der Tonerkonzentration im Gemisch (26),

10

einem Stellglied (38, 40) zum Einstellen der Tonerzufuhr in die Entwicklerstation (22),

15

Mitteln (70, 88, 100) zum Ermitteln eines aktuellen Verbrauchswertes (68) für Tonerteilchen und

20

einer Regeleinheit (74), die zur Regelung der Tonerkonzentration das Stellglied (38, 40) abhängig vom Signal (50) des Sensors (42) und vom ermittelten Tonerverbrauchswert (68) ansteuert.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, bei der Mittel vorgesehen sind, die aus der am Einbauort (B) des Sensors (42) gemessenen Tonerkonzentration und dem Tonerverbrauchswert (68) die Tonerkonzentration an einem vom Einbauort abweichenden Ort (C) in der Entwicklerstation berechnen, an dem vorzugsweise der Toner zur Entwicklung des latenten Bildes entnommen wird.

30 21. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, bei der das Stellglied (38, 40) durch die Kombination einer ersten Stellgröße (82) und einer zweiten Stellgröße (78) gesteuert wird, wobei sich die erste Stellgröße (82) nach dem Tonerverbrauchswert (68) und die zweite Stellgröße (78)
35 nach der gemessenen Tonerkonzentration bemisst.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, bei der die erste Stellgröße (82) so bemessen ist, dass sie eine Tonerzufuhr bewirkt, die dem aktuellen Tonerverbrauchswert (68) entspricht.

5

23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, bei der die zweite Stellgröße (78) so bemessen ist, dass sie die Tonerkonzentration auf einen Sollwert regelt.

10

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23, bei der der Tonerverbrauchswert (68) aus Druckdaten abgeschätzt wird.

15

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, bei der der Tonerverbrauchswert (68) aus der mit ihrer Einfärbungsstufe gewichteten Anzahl zu druckender Pixel abgeschätzt wird.

20

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23, bei der der Tonerverbrauchswert (68) aus der mit ihrer Einfärbungsstufe gewichteten Anzahl der Pixel abgeschätzt wird, die im das latente Druckbild erzeugenden Zeichengenerator (16) gesetzt werden.

25

27. Vorrichtung nach Anspruch 26 mit einer mit dem Zeichengenerator (16) verbundenen anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (88) zum Zählen der Pixel.

30

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23 mit einer Strommesseinrichtung 98 zum Messen des Stromverbrauchs des das latente Ladungsbild erzeugenden Zeichengenerators (16) und Mitteln (100) zum Abschätzen des Tonerverbrauchswertes (68) anhand des Stromverbrauchs des Zeichengenerators (16).

35

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zum Einstellen der Tonerkonzentration eines Tonerteilchen-Trägerteilchen-Gemisches (26) in einer Entwicklerstation (22) zum Entwickeln eines latenten Ladungsbildes auf einem Zwischenträger (10) eines elektrographischen Druckers oder Kopiergerätes, bei dem bzw. der ein in der Entwicklerstation (22) angeordneter Sensor (42) die Tonerkonzentration im Gemisch (26) misst. Ein Stellglied (40, 42) stellt die Tonerzufuhr für die Entwicklerstation (22) ein. Es wird ein aktueller Verbrauchswert (68) für Tonerteilchen ermittelt. Eine Regeleinheit (74) zur Regelung der Tonerkonzentration steuert das Stellglied (40, 42) abhängig vom Signal (50) des Sensors (42) und vom ermittelten Verbrauchswert (68) an.

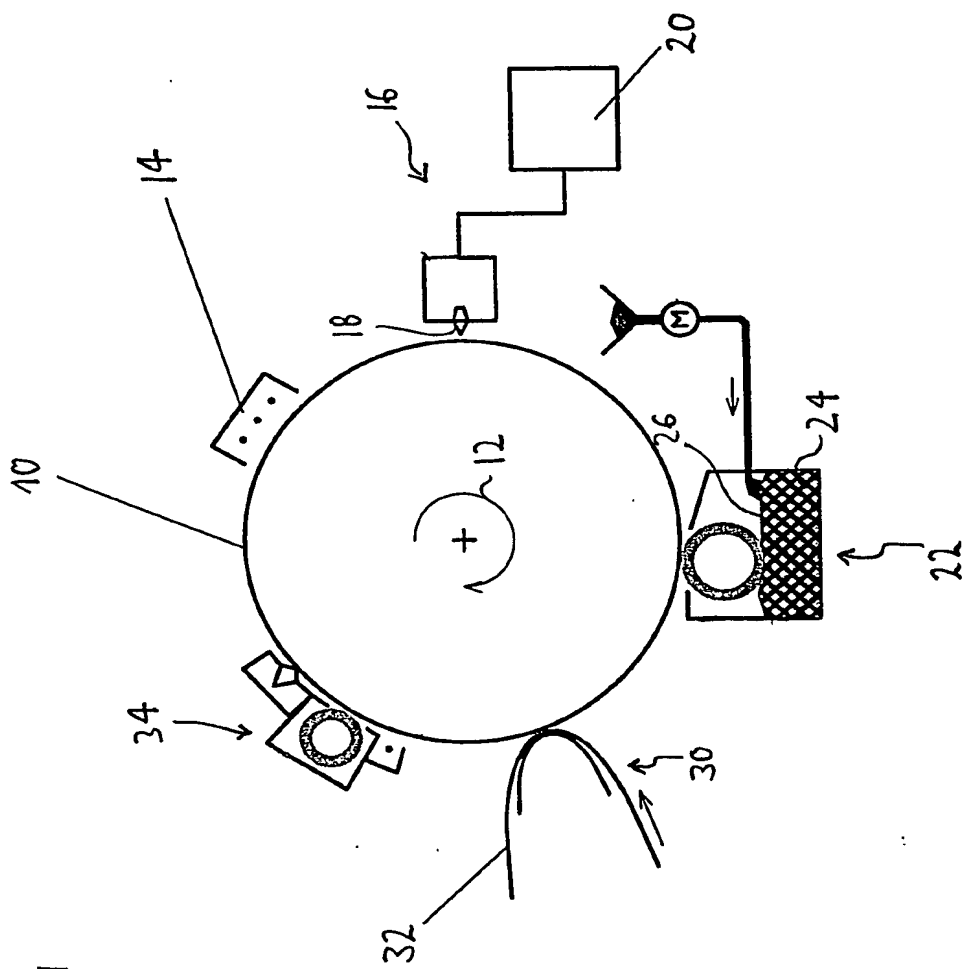


Fig. 1

Fig. 2

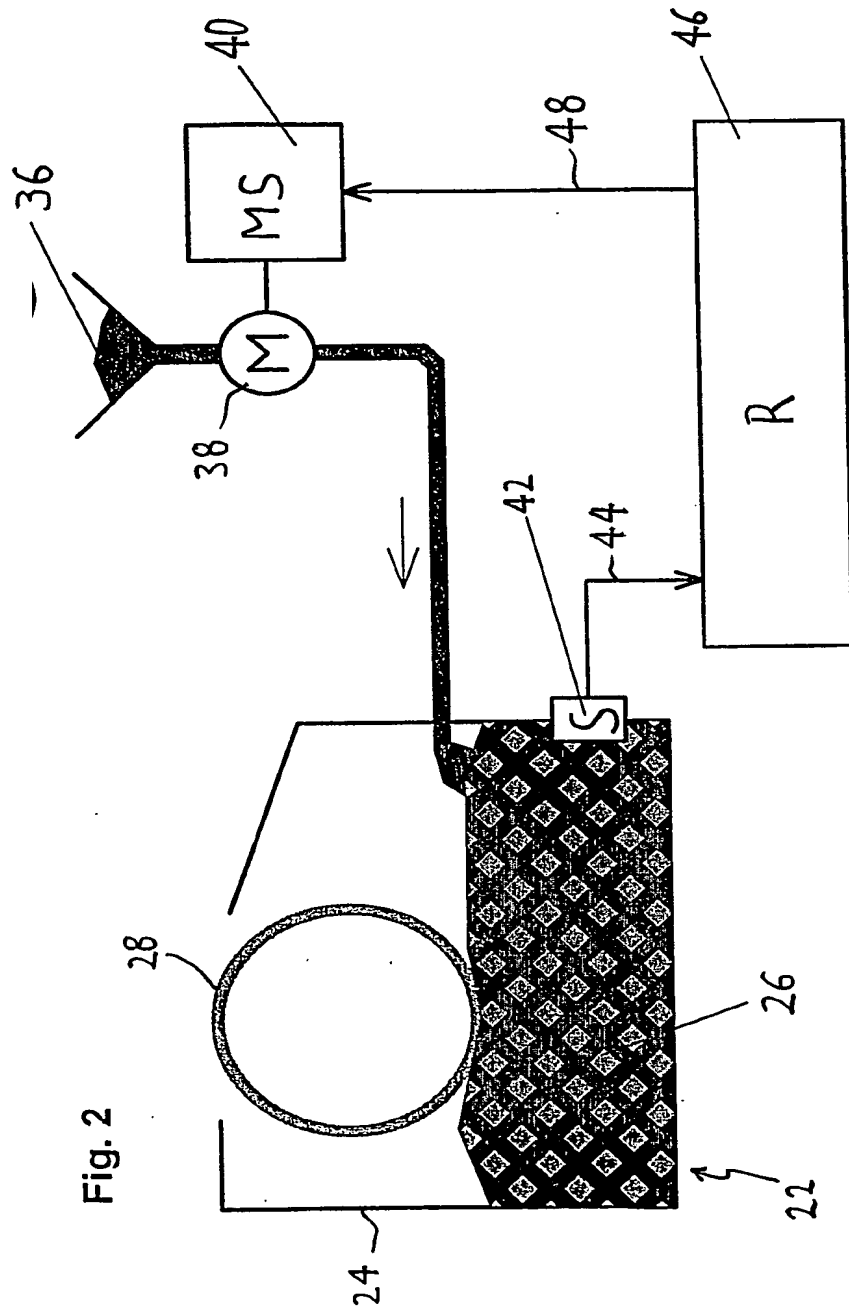
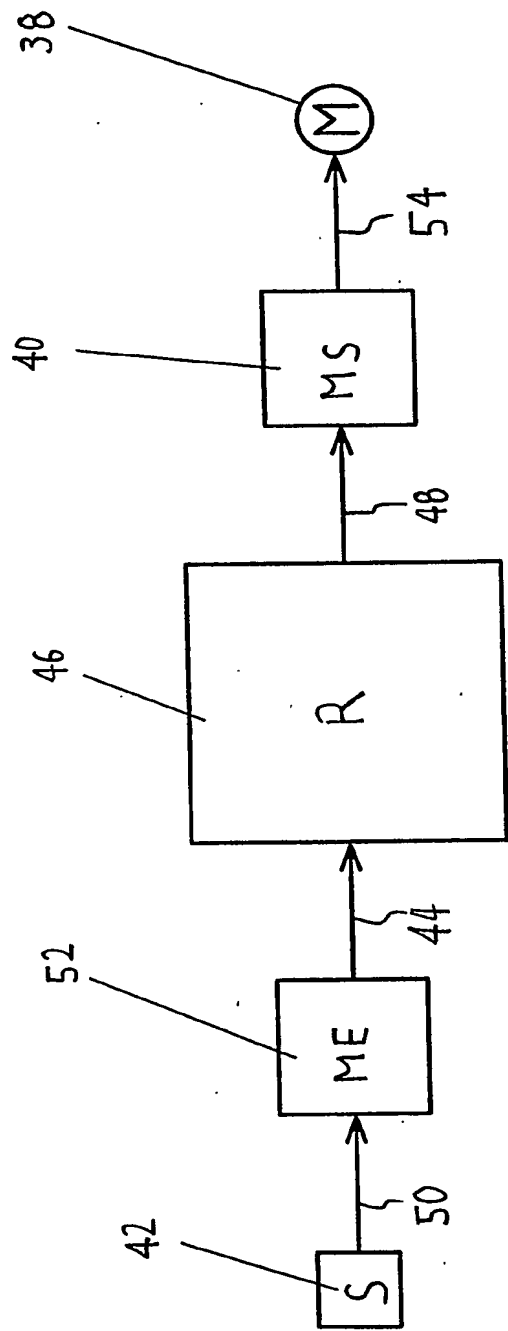


Fig. 3



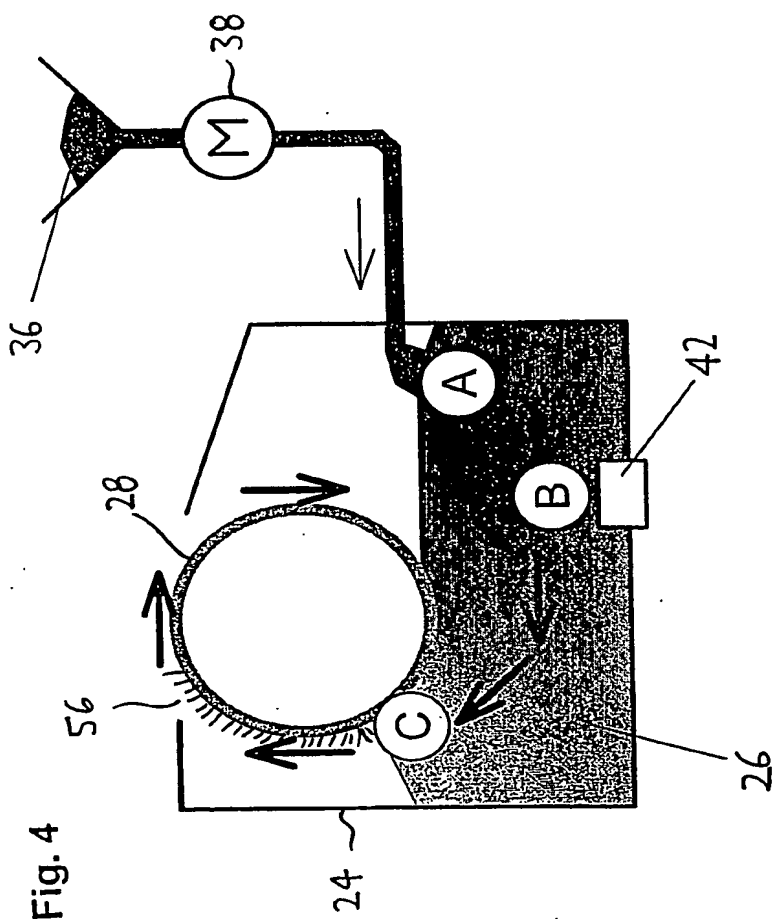


Fig. 5

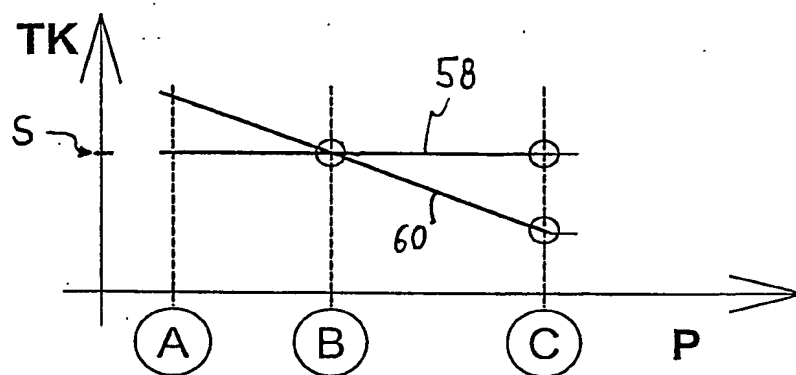


Fig. 6

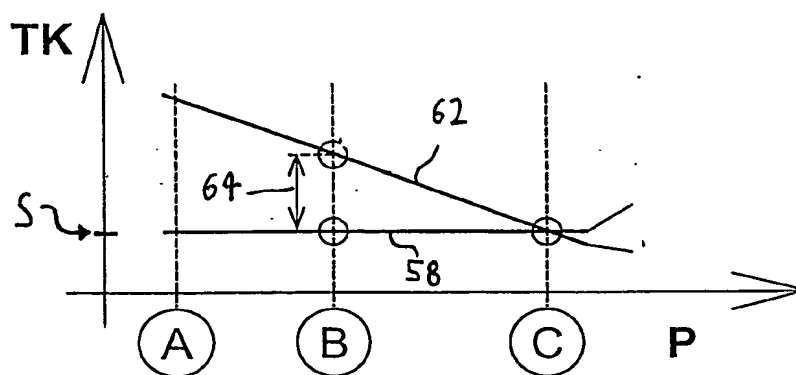
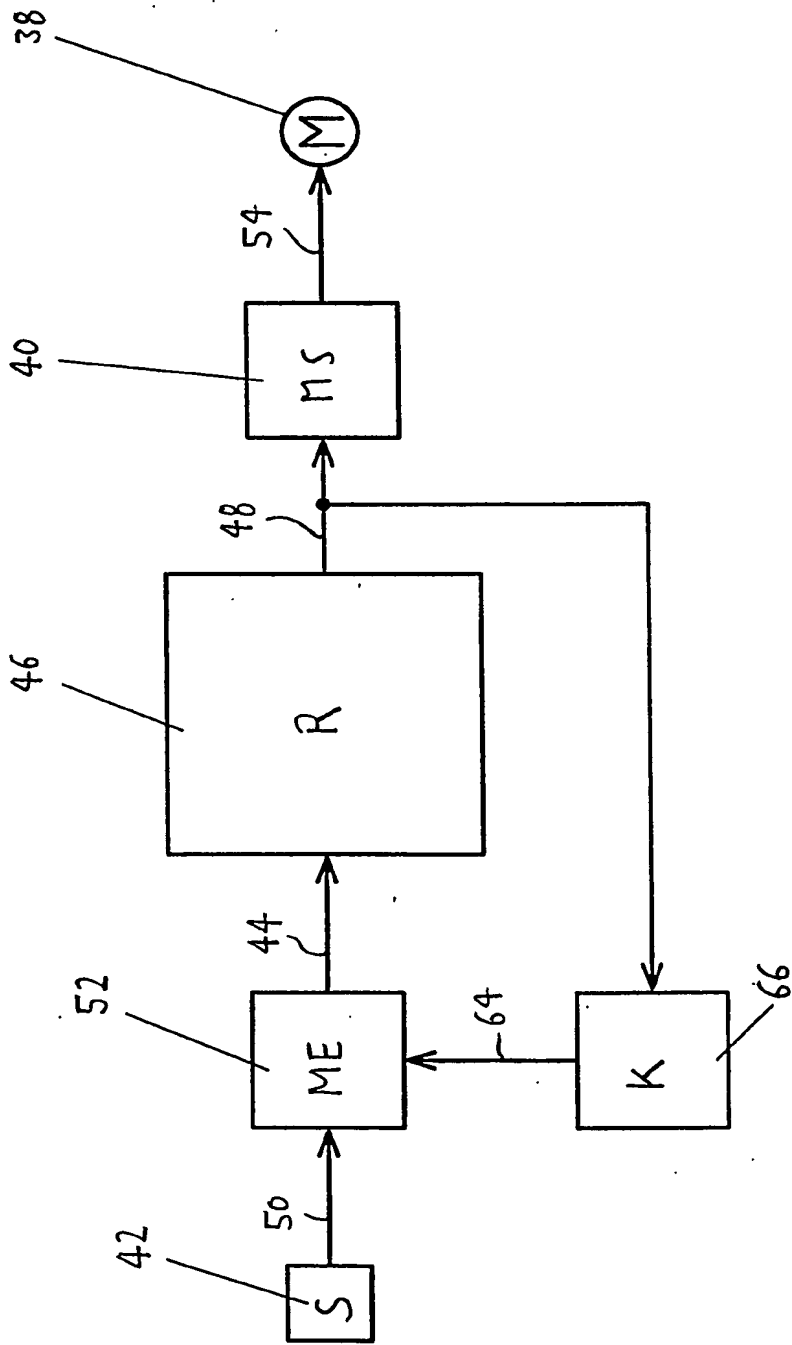


Fig. 7



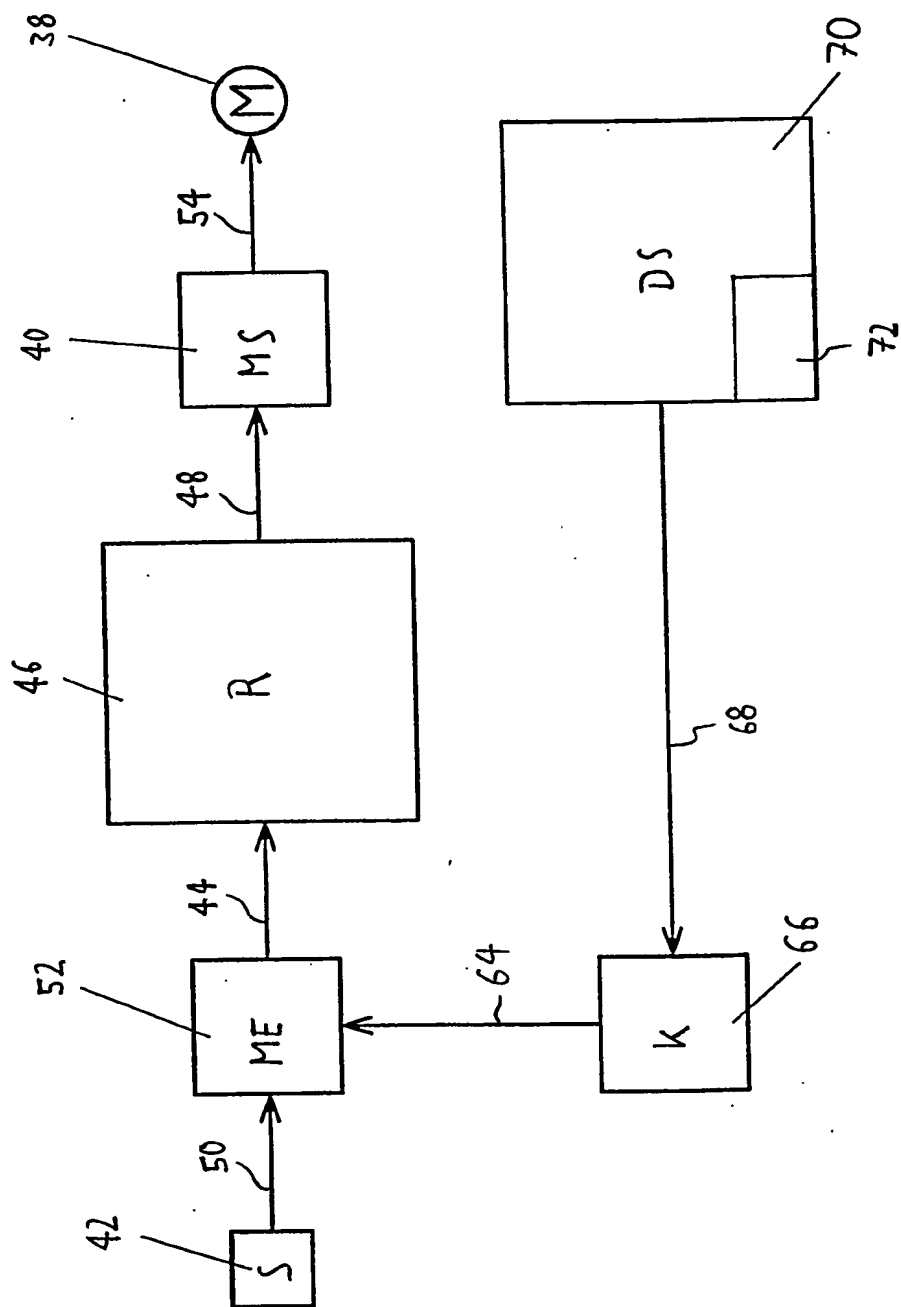


Fig. 8

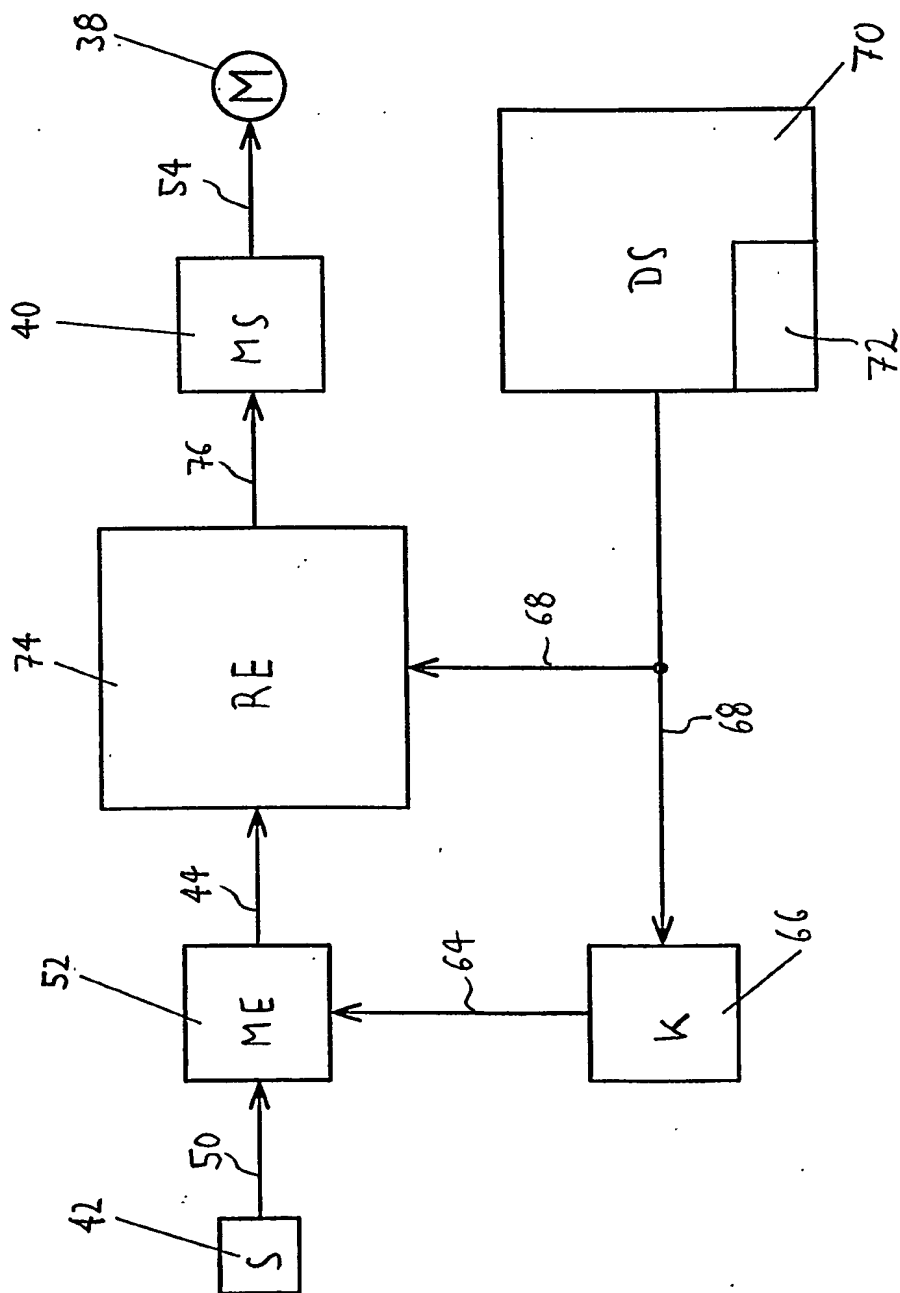


Fig. 9

Fig. 10

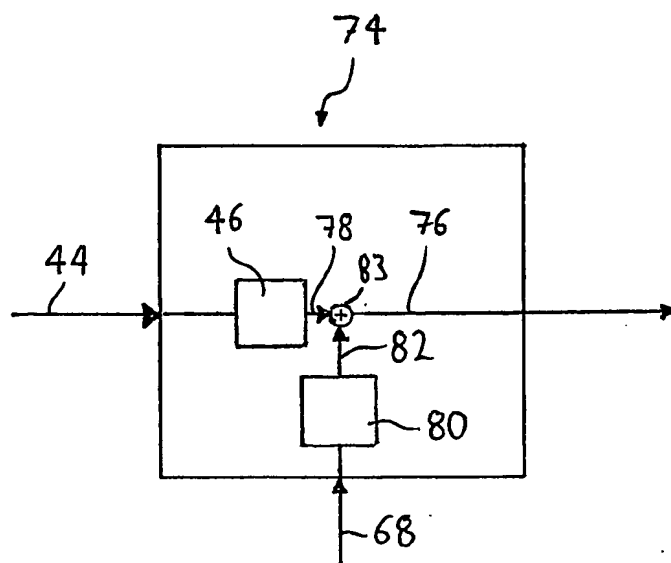


Fig. 11

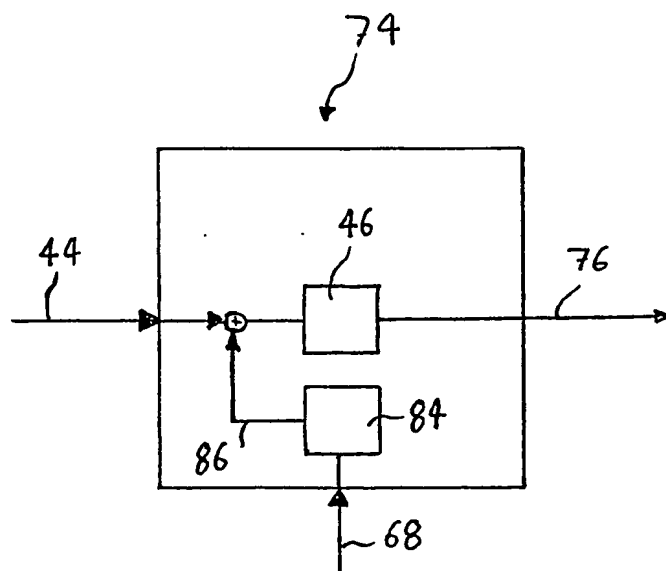
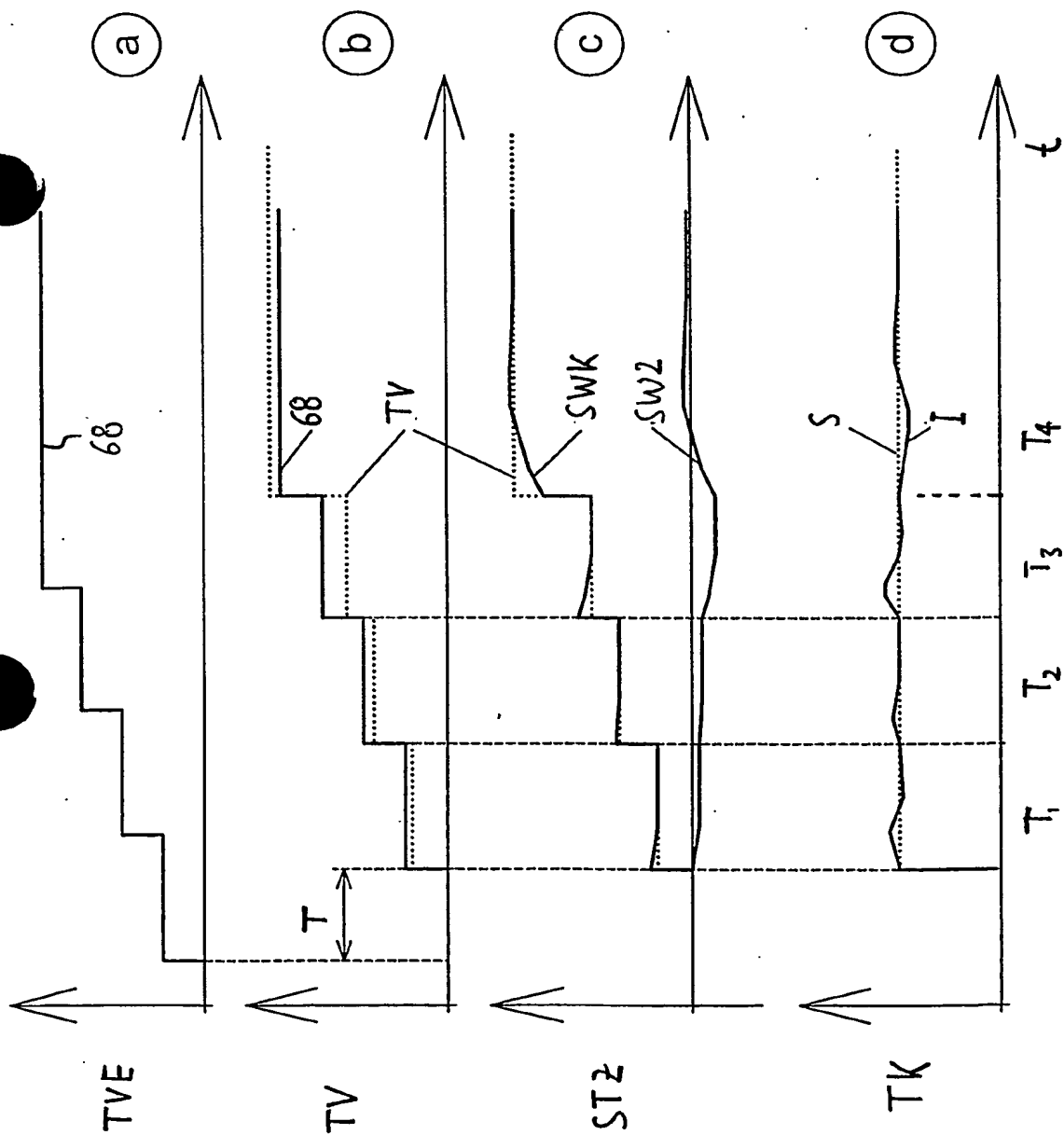


Fig. 12



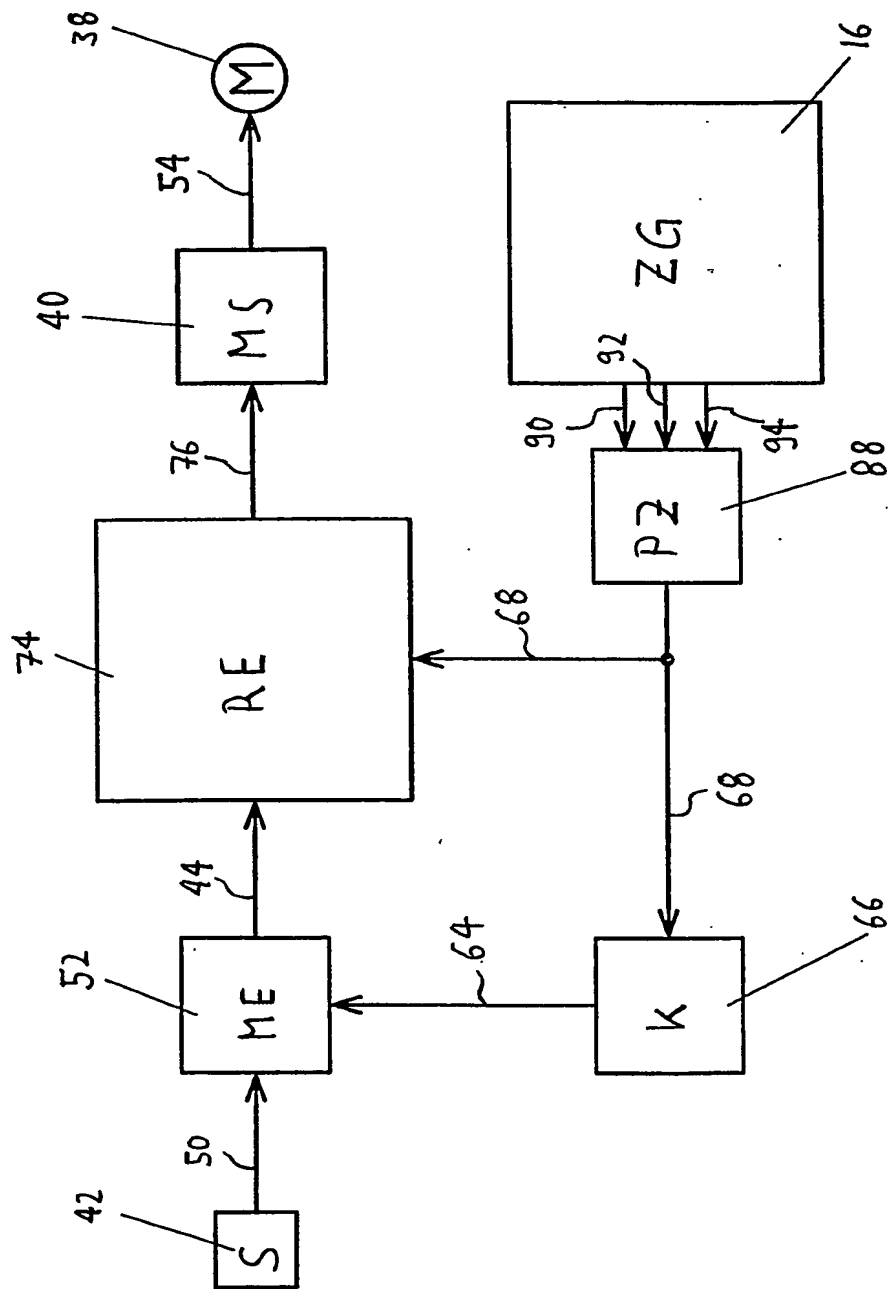


Fig. 13

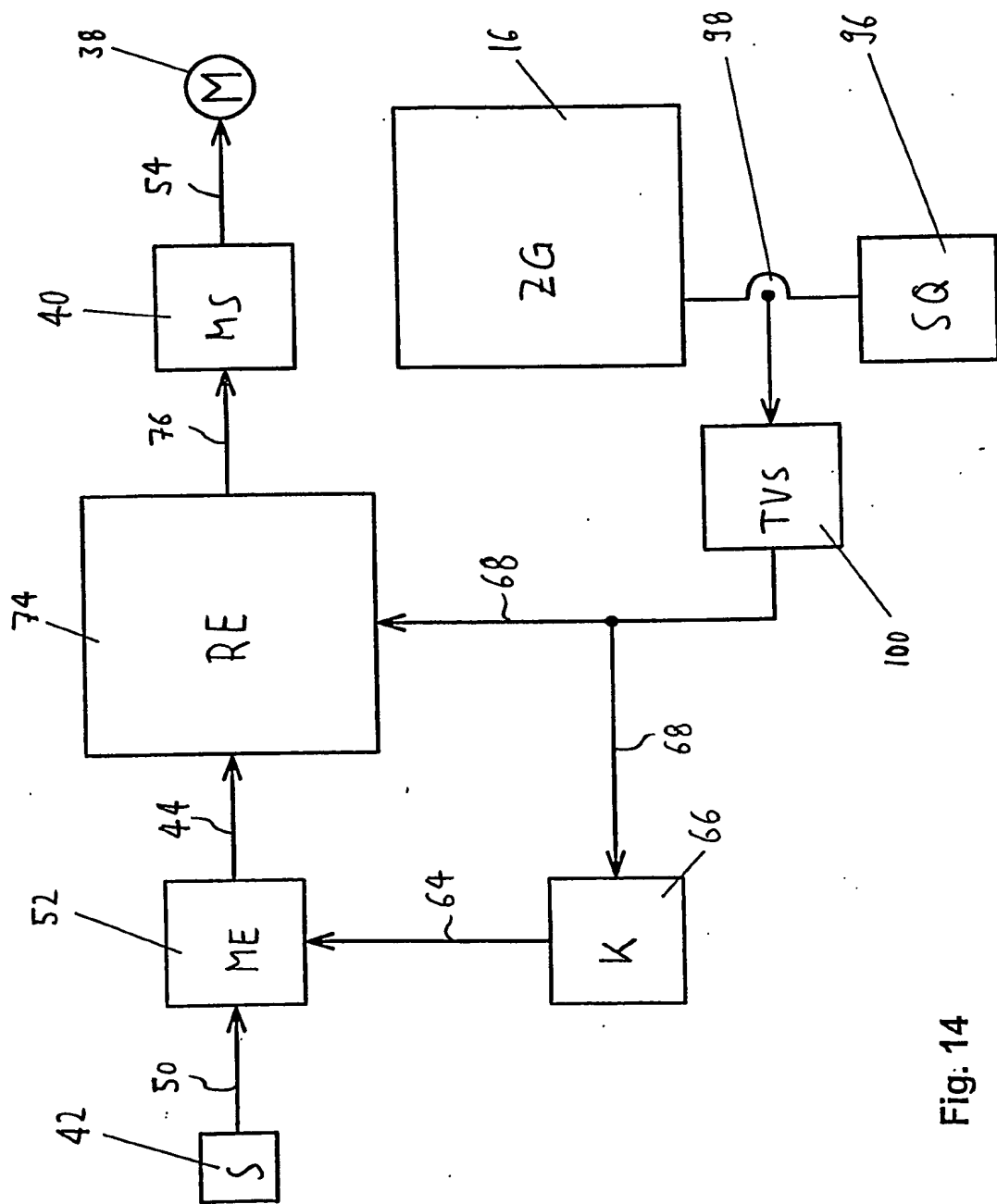


Fig. 14

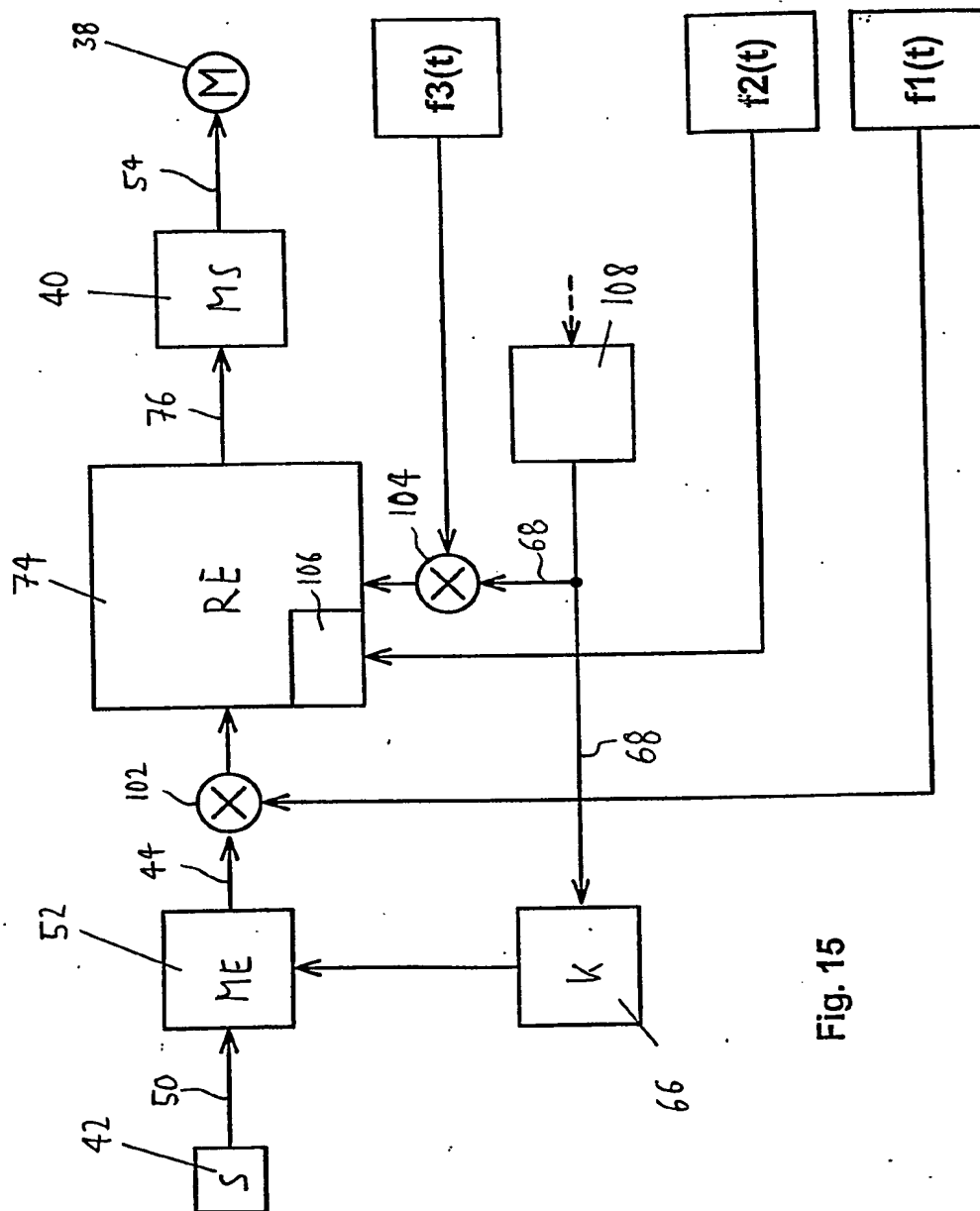


Fig. 15